

УДК 539.5

**В. В. Малашенко^{1,2*}, Т. И. Малашенко^{3,4},
В. В. Ткачев², Н. А. Люкас²**

¹ Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина, г. Донецк

² Донецкий национальный университет, г. Донецк

³ Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

⁴ Донецкий национальный университет экономики и торговли, г. Донецк

*malashenko@donfti.ru

НЕУПРУГИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Теоретически исследована высокоскоростная пластическая деформация состаренных сплавов. Получено аналитическое выражение вклада различных структурных дефектов в величину динамического предела текучести.

Ключевые слова: дислокация, высокоскоростная пластическая деформация, динамический предел текучести.

**V. V. Malashenko, T. I. Malashenko, V. V. Tkachev,
N. A. Lyukas**

INELASTIC PROCESSES IN HIGH-STRAIN RATE DEFORMATION OF METALS AND ALLOYS

The high-strain rate deformation of aged alloys is theoretically investigated. An analytical expression for the contribution of various structural defects to the dynamic yield strength is obtained.

Key words: dislocation, high-strain rate deformation, dynamic yield strength.

При динамическом канально-угловом прессовании, высокоскоростной обработке, ударно-волновом воздействии на металлы и сплавы скорость пластической деформации достигает значений $10^3 - 10^8 \text{ с}^{-1}$, а изменение механических свойств кристаллов определя-

ется, главным образом, движением дислокаций и их взаимодействием с элементарными возбуждениями кристалла и потенциальными барьерами, создаваемыми различными дефектами структуры [1]. Механизм диссипации при динамическом взаимодействии со структурными дефектами заключается в необратимом переходе кинетической энергии дислокации в энергию ее изгибных колебаний в плоскости скольжения. Развита нами теория динамического взаимодействия структурных дефектов позволяет решать широкий круг задач динамики дислокаций в условиях высокоскоростной деформации [2; 3].

Исследуемый механизм диссипации весьма чувствителен к виду дислокационного колебательного спектра, в частности, к наличию в нем щели. Наличие спектральной щели означает, что дислокация совершает колебания, находясь в параболической потенциальной яме. В рамках развитой нами теории решаются задачи о движении дислокации, совершающей колебания в потенциальной яме, перемещающейся по кристаллу вместе с ней. Она может быть создана в результате коллективного взаимодействия движущейся дислокации с другими дислокациями или примесями, магнитоупругого взаимодействия, действия сил изображения на дислокацию в приповерхностном слое. В этих случаях спектр дислокационных колебаний имеет вид

$$\omega^2(q_z) = c^2 q_z^2 + \Delta^2, \quad (1)$$

где c — скорость распространения поперечных звуковых волн в кристалле, Δ — спектральная щель, которая может быть описана выражением

$$\Delta = \frac{c}{L}, \quad (2)$$

где L — характерный масштаб взаимодействия, вносящего главный вклад в формирование щели. Выражение для вклада легирующих примесей в величину динамического предела текучести в этом случае имеет вид

$$\tau_d = G \frac{n_d \dot{\epsilon}}{\rho^2}, \quad (3)$$

где G — коэффициент, зависящий от упругих модулей кристалла, n_d — безразмерная концентрация точечных дефектов, $\dot{\epsilon}$ — скорость пластической деформации. В состаренном алюминий-медном сплаве динамическое взаимодействие дислокаций с зонами Гинье—

Престона приводит к возрастанию динамического предела текучести на величину

$$\tau_G = \beta \frac{n_G R}{\sqrt{\rho}}, \quad (4)$$

где n_G — концентрация зон Гинье-Престона, β — коэффициент, зависящий от упругих модулей кристалла.

Литература

1. Batani D. Matter in extreme conditions produced by lasers // EPL. 2016. V. 114. P. 65001(1–7).
2. Malashenko V. V. Dynamic drag of edge dislocation by circular prismatic loops and point defects // Physica B : Phys. Cond. Mat. 2009. V. 404, № 2. P. 3890–3893.
3. Малашенко В. В. Влияние зон Гинье–Престона на концентрационную зависимость предела текучести состаренных двухкомпонентных сплавов в условиях высокоскоростной деформации // ФТТ. 2019. Т. 61, № 10. С. 1845–1848.